УДК 681.31:621.2

В.П. Кожем'яко, Л.О. Волонтир, В.П. Думенко, О.О. Штельмах
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна
kvp@vstu.vinnica.ua

Синтез нейронних систем на квантрон-автоматах

У статті досліджується проблематика стиснення інформації та побудови квантрон-автоматів з використанням поняття енергетичного нуля. Наведені результати розробки моделі оптимізації KVP-перетворення за параметром стиснення інформації. На основі патентночистого способу паралельної обробки інформації і теорії КВ-автоматів запропонована нова модель нейроквантрону для систем штучного інтелекту.

Вступ

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу з відповідним йому збільшенням потоків інформації зумовив об'єктивну необхідність подальшого розвитку високоефективних засобів обчислювальної техніки та збільшення їх продуктивності. Це підтверджує появу стійкої тенденції зростання швидкодії як основного напрямку розширення функціональної потужності ЕОМ. Обмеження на цьому шляху з'являються зі сторони як елементної бази, так і організації обчислювального процесу в пристроях з детермінованою структурою, яка працює здебільшого за послідовними алгоритмами і програмами.

Не можливо здолати перешкоди в розширенні їх функціональних можливостей при збереженні сучасної архітектури ЕОМ лише шляхом збільшення швидкодії елементної бази та збільшенням рівня технологічної інтеграції.

Технологія інтегральної електроніки близька до вичерпання своїх фізичних можливостей. Так, наприклад, геометричні розміри транзисторів неможливо зменшувати до нескінченності. З розмірами порядку 1 мкм та менше (відповідно до технологічних обмежень) проявляються фізичні явища, несумісні з традиційними розмірами активних елементів – квантові розмірні ефекти в нанотехнологіях.

З іншого боку, існує ряд важливих задач, які ефективно не можливо розв'язати за допомогою сучасних ЕОМ та класичних комп'ютерів. Альтернатива в паралельній обробці зорових, слухових, тактильних та інших образів. Ця проблема пов'язана зі створенням спеціальних засобів обробки великих масивів інформації за ознаками в робототехніці, біомедицині, зі створенням штучного інтелекту.

Класичним напрямком поліпшення продуктивності мікропроцесорних ЕОМ є глибоке розпаралелювання розв'язуваних задач і перехід до асоціативних паралельних процесорів, експертних і клітинних систем для вирішення інтелектуальних задач, що, безперечно, є успіхом в обчислювальній техніці, але не кардинальним вирішенням проблеми. На сучасному етапі потрібні нові принципи обробки, перетворення і передачі інформації в реальному часі для функціонального вдосконалення елементної бази та пристроїв на їх основі. Одним із шляхів вирішення цих задач є новий напрямок в оптоелектроніці – оптоелектронні логіко-часові інформаційні середовища (ЛЧС) [1], в яких разом з електричними методами застосовуються також оптичні методи послідовної і паралельної обробки інформації в реальному часі.

Встановлено, що під час використання світла як носія інформації в нейрокомп'ютерах можна різко, на 2 – 3 порядки [2], підвищити продуктивність обчислень.

Хоча оптоелектронна технологія не є кінцевою і абсолютною для реалізації складних систем та структур обчислювачів чи систем прийняття рішення, але вона є вигідною хоча б тому, що дозволяє використовувати третій вимір та апаратно реалізувати чотиривимірні системи зв'язків між двовимірними шарами елементів (наприклад, нейронів під час реалізації нейроподібних структур).

Складні системи, такі, як сучасні комп'ютери, системи штучного інтелекту, керувальні комплекси, ефективно представляються у вигляді композиції взаємодійних автоматів [3].

В роботах Т.В. Головань [4] показано надзвичайно корисні властивості ЛЧФ, на основі яких розроблені архітектурні рішення побудови десяткових (n-значних) процесорів обробки і перетворення вхідної і вихідної інформації. Зокрема, вперше доведена теорема граничного безвтратного стиснення інформації, яку в подальшому пропонується використовувати як доказову базу KVP-перетворення, зокрема для обробки напівтонових зображень.

Властивості квантрону визначено аксіомою: аналоговий операнд як міра інформації найбільш стисло може бути поданий у вигляді еквівалента реальної тривалості часу, масштабність дискретизації якого визначається фіксованим часом спрацювання елемента, що має функціональну повноту. Серед основних його характеристик є:

1. Здатність до відновлення сигналу, що надходить при перетворенні, обробці й зберіганні інформації.
2. Висока стабільність параметрів або можливість синхронізації для усунення «ефекту гонок».
3. Комунікабельність, завадозахищенність та контролеспроможність при реалізації сингулярних однорідних середовищ із заданим ступенем паралелізму.
4. Адаптивність (здатність перебудовуватися).
5. Технологічність.

Основною функцією квантрону є реалізація принципу квантування часу або досягнення мінімально можливого часу спрацювання τ з максимальною точністю $\Delta\tau$, що визначається рівнем досягнень технології та схематехнічним вдосконаленням відповідного покоління елементів. При забезпеченні запам'ятовування станів і абсолютній точності спрацювання квантронів час його спрацювання визначається як одиниця машинної інформації або границя швидкодії гіпотетично можливої елементної бази на квантронах.

Метою даної роботи є дослідження проблеми стиснення інформації та побудови квантрон-автоматів з використанням поняття енергетичного нуля; розробка моделі оптимізації KVP-перетворення за параметром стиснення інформації; створення N-мірної логіки на КВ-автоматах; розробка елементів схемотехніки на КВ-автоматах, що є найадекватнішою для реалізації проблем створення засобів штучного інтелекту; розробка моделі нейроквантрона.

Модель оптимізації KVP-перетворення за параметром стиснення інформації

Розглянемо один з можливих методів обробки сигналів – метод KVP-перетворень. Цей метод базується на використанні принципу квантування часу. Одиницею інформації в цьому перетворенні виступає квантрон. Квантрон – це одиниця машинної інформації, яка може розглядатись як внутрішня властивість зміни стану елемента. Квантрон орієнтований на технічну реалізацію, на відміну від біта. Метод KVP-перетворень передбачає

формування деякої універсальної функції, яка є досить простою для моделювання різноманітних дій над сигналами та змістовно характеризує інформацію, яка надходить. Незалежно від типів сигналів (електричні, звукові, світлові та інші) універсальна функція має спроможність характеризувати їх для обробки в подальшому. Цей метод передбачає паралельну обробку сигналів, що надходять від об'єкта.

Метод KVP-перетворень базується на методі квантування часу, тобто фактором, який несе інформацію, є час. Час є об'єктивним і уніфікованим показником якості функціонування технічних засобів. Він є їх внутрішнім параметром, який дозволяє органічно відтворити інформаційні процеси [5]. Таким чином, KVP-перетворення дозволяє виконувати перетворення фактично довільного набору вхідної інформації у часові інтервали.

Квантрон на відміну від тригера згідно з викладеними критеріями є функціонально повним елементом логіко-часових середовищ.

Використовуючи поняття квантрону, можна дати критеріальну оцінку обчислювальних засобів, яка визначає їх граничні часові можливості та дозволяє створити конструктивну теорію. Відповідно до умови аксіоми про досягнення максимальної швидкодії ЛЧС, операнди для забезпечення найбільшої стислості у часі мають подаватися у вигляді відповідної тривалості часового інтервалу, який необхідно перетворити у дискретний вигляд, оскільки є аналоговим сигналом. Можливості такого перетворення визначаються конкретними технічними засобами чи параметрами елементів.

Для визначення математично обґрунтованих зв'язків між рівнем якості конкретної елементної бази з максимально можливою швидкодією обчислень і перетворень сформульовано теорему граничної стисливості машинної інформації [4]. Вона стверджує, що для однорідного ланцюжка послідовно спрацьовуючих квантронів в умовах допустимого розкиду їх часів спрацювання існує мінімальне значення дії на ланцюжок, за якого кількість спрацьованих квантронів з найбільшою вірогідністю відповідає ідеальній моделі.

Одним із наслідків даної теореми є підтвердження того, що максимальна швидкість логіко-часових технічних засобів при послідовному записі-зчитуванні інформації досягається квантуванням оптимального критеріального часу на основі кількості послідовно спрацьованих квантронів. Математичні моделі функціонування інтелектуальних обчислювальних пристроїв, що дають можливість формального синтезу і аналізу однорідних паралельно-ієрархічних мереж, базуються на математичному апараті із застосуванням логіко-часових функцій.

Математичний апарат ЛЧФ базується на операціях алгебри векторно-перемикальних функцій. Алгебра ЛЧФ містить наступні операції: логіко-часові логічні – кон'юнкція, диз'юнкція, інверсія; логіко-часові спеціальні – зсув, затримка; логіко-часові алгебраїчні – додавання, віднімання, диференціювання, інтегрування (знаходження первісних).

Таким чином, при оптимізації KVP-перетворення за параметром стиснення інформації за математичний апарат методу KVP-перетворень доцільно вибрати математику логіко-часових функцій. Логіко-часові функції здатні відтворити залежність часу від різноманітних характеристик сигналів $T = f(x, y, A, w,...)$. При цьому є можливість аналізувати функції в процесі обробки. Цей факт значно підвищує швидкодію обробки даних та дозволяє уникнути додаткової похибки в отриманих результатах.

Модель оптимізації KVP-перетворення за параметром стиснення інформації має вигляд:

$$\max_t \quad g(t,\tau,n),$$

$$\begin{cases} 0 \le g(t,\tau,n) \le 1, \\ g(t,\tau,n) = F_n(t) - F_{n+1}(t), \end{cases}$$

де τ_k – час спрацювання кожного k-го квантрону, що входить у ланцюг,

$F(t)$ – функція розподілення випадкової величини τ_k,

$f(t)$ – щільність розподілення випадкової величини τ_k,

T_n – час спрацювання *n* квантронів,

$F_n(t)$ – функція розподілення випадкової величини T_n,

$f_n(t)$ – щільність розподілення випадкової величини T_n,

$q(t)$ – число всіх квантронів, які спрацьовують за час *t*, дискретна величина,

$g(t,\tau,n)$ – ймовірність того, що $q(t)=n$, тобто $g(t,\tau,n)=P\{q(t)=n\}$.

Випадкові величини τ_k є незалежними та мають однаковий закон розподілу. Функція розподілу випадкової величини τ_k є неперервною, яку можна апроксимувати за нормальним розподілом.

Дана математична модель відноситься до класу стохастичного програмування з критерієм оптимізації цільової функції $g(t,\tau,n)$ та системою нелінійних обмежень.

Синтез нейронних систем на квантрон-автоматах з використанням поняття енергетичного нуля

Для функціонування будь-якої обчислювальної системи або системи прийняття рішень (традиційної електронної або оптоелектронної) необхідно реалізувати функцію пам'яті – тобто абсолютно надійну фіксацію зміни стану елемента, в реалізації якого є обов'язковим зворотне звернення до первинної інформації, розділеної в часі (в схемотехніці використовується зворотній зв'язок (33)). Таким чином, пам'ять – це відтворення в шкалі дискретного часу події, явища, інформаційного коду, без організації якої в принципі неможлива організація довершеніших понять та рішень, оптимізація технічних засобів та інформаційних проектів.

Незважаючи на високу комутаційну гнучкість базових схем, використання базових функцій двійкових змінних не дозволяє простими методами реалізувати навіть найпростіші поняття, в яких існує не формалізоване двійкове поняття істини, а реальне – таке, як у повсякденному житті. Прості процеси вимагають свого уточнення. З'являється поняття нечітких логік, на які довгий час не звертали увагу тому, що було неможливо реалізувати носії технічної інформації, в яких кількість станів була б більшою ніж 2.

Цифрові автомати, які найповніше відображають всі специфічні потреби обчислювальних структур або цифрової автоматики, вузли і пристрої яких побудовані на функціональних оптоелектронних базис-елементах – квантронах, назвемо квантрон-автоматами та означимо через $\mathrm{KB}-\mathrm{A}_{ij}(t)$.

Складний автомат, який складається з двох елементарних КВ-автоматів, назвемо диквантрон-автоматом та позначимо через $\mathrm{KB}-\mathrm{DA}_{ij}(t)$. Аналогічний автомат, який складається з трьох КВ-автоматів, назвемо триквантрон-автоматом та позначимо через $\mathrm{KB}-\mathrm{TA}_{ij}(t)$, автомат, який складається з чотирьох КВ-автоматів – тетраквантрон-автоматом $\mathrm{KB}-\mathrm{TlA}_{ij}(t)$, автомат з п'яти КВ-автоматів – пентаквантрон-автоматом $\mathrm{KB}-\Pi\mathrm{A}_{ij}(t)$ і т.д. Якщо для абстрактного роздуму уявимо собі, що складний автомат складається з N кількості елементарних КВ -автоматів, для позначення такого квантрон-автомата візьмем символ $\mathrm{KB}-\mathrm{NA}_{ij}(t)$. В подальшому для спрощення індексних позна-

чень символ *«КВ»* можна опустити і вказувати тільки $NA_{ij}(t)$ (наприклад, $SA_{ij}(t)$ – позначення секста-квантрон-автомата, який складається з шести елементарних квантрон-автоматів). Для теорії перехідних процесів в складних оптоелектронних динамічних структурах найважливіше визначення закономірностей поведінки складних автоматів $DA_{ij}(t)$, $TA_{ij}(t)$, $T1A_{ij}(t)$, $SA_{ij}(t),\ldots$, $NA_{ij}(t)$, тобто законів взаємодії між двома, трьома, чотирма тощо елементарними автоматами. Виникнення початкових функцій автомата $NA_{ij}(t)$ пов'язується зі змінами будь-яких квантрон-автоматів. При цьому внутрішній стан автомата $NA_{ij}(t)$ залежить від внутрішнього стану автомата $(N-1)A_{ij}(t)$ і він змінюється також під дією вхідного набору сигналу $M\{X_k(t)\}$. Для опису зміни з часом внутрішніх станів елементарних квантрон-автоматів можна застосовувати спеціальні оператори d та D, які є двомісними предикатами. Наявність переходу Y_{ij} з стану 1 в стан 0 (позначимо через 1) в КВ-автоматі $A_{ij}(t)$ описує рівність $dY_{ij}(t)=1$, а відсутність (позначимо через 0). Таким чином, при $dY_{ij}(t)=1$ виконується умова

$$DY_{ij}(t)=dY_{ij}(t)\vee d\overline{Y}_{ij}(t). \qquad (1)$$

Відповідно до виразу (1) зміна переходу автомата з одного стійкого стану обов'язково відбудеться $DY_{ij}(t)=1$. Аналогічно коли $DY_{ij}(t)\neq 1$, тобто $DY_{ij}(t)=0$, тоді автомат стійкого стану не змінює, тобто не переходить з одного стану в інший. Використання вказаних логічних операторів переходу до будь-яких змінних одного типу породжує змінну другого типу. Багатократне використання цих операторів до будь-яких змінних типу *К* породжує зміну, тотожно рівну нулю, тобто d ... d K = 0, аналогічно D ... D K = 0. Не може бути одночасно, щоб і $dK=1$, і $d\overline{K}=1$, тобто $dK\,\&\,d\overline{K}=0$.

Внутрішній стан $G_{ij}(t)$ автомату А. 0 змінюється, якщо $DY_{ij}(t)=1$, $DW_0(t)=0$, $DZ^M(t)=1$ тобто автомат переходить з одного стану в інший. Таким чином,

$$DY_{ij}(t)=1,\ DW_0(t)=0,\ DZ^M(t)=1 \qquad (2)$$

є умовою збудження КВ-автомата.

З випадковими величинами дискретного типу їх середнє значення (математичне чекання) на входах і виходах КВ-автомата $NA^k_{ij}(t)$ можна визначити як [3]:

$$m_x=\sum_{i=1}^{n}x_i(t)P_i^x(t),\ m_y=\sum_{i=1}^{n}y_i(t)P_i^y(t). \qquad (3)$$

$$m_z=\sum_{i=1}^{n}z_i(t)P_i^z(t),\ m_w=\sum_{i=1}^{n}w_i(t)P_i^w(t).$$

У тих сферах діяльності, де потрібна експертна оцінка, коли на виході схеми повинні одержати не двійкову змінну (0 або 1), а якесь конкретне число, яке вказує на вірогідність події, там потрібні елементи багатозначної логіки, якими є лінійні структури (наприклад, лінійні квантронні структури, або багатофункціональні оптоелектронні модулі).

У схемотехніці, яка буде реалізовувати формалізований вислів, абсолютно необхідно розглядати стан (або пам'ять) у відношенні до рівня або стану енергетичного забезпечення. Тобто енергетичного рівня, який необхідний для створення реального сигналу. Вплив цієї енергії необхідно враховувати тому, що вона є найважливішим чинником перебігу будь-яких інформаційних процесів.

Під час створення словесного портрета схеми за допомогою функцій булевої алгебри логіки не враховується поняття енергетичних затрат. Рівень енергоспоживання схеми цілком залежить від використаної схемотехнічної бази та вибраного схемотехніч-

ного рішення. Тому введемо поняття логіки багатозначних висловлювань з фіксацією енергетичних рівнів. Зауважимо, що не можна повністю відмовлятися від логіки чітких висловлювань, адже для точних дій, таких, наприклад, як комутаційні переключення, немає необхідності пошуку альтернативних методів формалізації.

Логіка багатозначних висловлювань з фіксацією енергетичних рівнів базується на:

– енергетичних перетвореннях;
– часових перетвореннях;
– комутаційних перетвореннях.

Ми можемо розглядати оптимізацію схемотехніки тільки в поєднанні цих трьох змінних.

Таким чином, оптимізація одного з цих понять без впливу та параметрів цих перетворень є неможливою навіть на теоретичному рівні синтезу ієрархічних структур з наперед заданими (потрібними) властивостями та параметрами. Для стану енергетичного нуля справедливі такі аксіоми:

1. Всі можливі логічні функції незалежно від їх позначень в стані енергетичного нуля між собою, хоча за аналогією з фотоном у світлі для різної довжини хвиль ми не маємо права так сказати.

2. Під час використання формалізації таблиці істинності треба зважати, що енергетичний нуль як логічне значення для вхідної функції ніколи не може сам по собі спричинити і в логічному контексті перехід в стан енергетичного нуля будь-який логічний пристрій, скоріше навпаки.

Якщо автомат мав енергетичний стан одиниці, то надходження енергетичного нуля не повинно на нього впливати. Таким чином, енергетичний нуль не може бути використаний як сигнал керування, тому, коли на вході присутній стан енергетичного нуля, він не може змінювати дію інших логічних змінних у першому термі.

Введення ЕН позбавляє умовності логічні функції (за логічну одиницю можна використовувати як вищий, так і нижчий потенціал). Введення ЕН перекреслює правило Моргана, за яким умовне позначення нуля і одиниці не враховує їх енергетичне наповнення. Це фактично зумовлює можливість, по відношенню до ЕН, конструювати поняття значимості істинності, яке б відповідало певним рівням енергетичного наповнення. Це є формальним постановочним підходом до створення багатозначних енергетичних 0-залежних логік.

На основі вищевикладених аксіом сформулюємо задачу синтезу елемента квантронного типу, що міг би на своєму виході сформувати сигнал, який містив би в собі стан енергетичного нуля і водночас цей сигнал не приводив до зміни попереднього стану подальшої логічної схеми. В даному випадку подальшою схемою вважатиметься схема пам'яті, адже ми вводимо новий елемент, щоб забезпечити надійну фіксацію різноманітних енергетичних станів та щоб в подальшому оперувати ними під час створення багатозначної логіки.

Як було зазначено вище, оптимізацію схемотехніки такого елемента потрібно розглядати в поєднанні енергетичних часових та комутаційних перетворень стосовно кожної окремої задачі щодо застосування останнього, інакше принципово неможливо і недоречно створювати такий елемент [6].

Очевидно, що для розв'язання подібної задачі необхідні нові методи синтезу квантрон-автоматів.

Квантрон квазіімпульсно-потенційного типу – структурний елемент однорідного оптоелектронного обчислювального середовища, в якому аналогову і цифрову обробку інформації супроводжують запам'ятовування й індикація результатів без додаткових апаратних затрат.

Розглянемо моделі оптоелектронних елементів і пристроїв і представимо їх у вигляді нейротехнічних структур. Перші практичні роботи зі штучних нейромереж і нейрокомп'ютерів були початі ще у 40 – 50-і рр. Спрощено НМ можна розглядати як глобально зв'язану мережу примітивних процесорів. Основним елементом у НМ є квантрон – багатофункційний елемент пам'яті аналого-цифрового типу із зовнішньою індикацією станів, шість керованих оптичних інформаційних входів і оптичного виходу підвищує комунікабельність квантрону порівняно з аналогічними електронними елементами. Оптичні канали зв'язку забезпечують міжелементну гальванічну розв'язку, спрощують організацію міжрозрядних зв'язків. Схемотехнічно квантрон простіший, ніж електронний статичний елемент пам'яті. У квантронів пам'ять організовано одним зворотним оптичним зв'язком з використанням тільки одного транзистора у схемі. За споживаною потужністю квантрон економічніший, ніж потенційні тригери, оскільки в нульовому стані практично не споживає енергії. За швидкодією його можна порівняти з елементами пам'яті, побудованими на елементах серії ТТЛ (транзистор – транзисторна логіка) [6].

Перелічені характеристики квантрону свідчать про перспективність його застосування як елементної бази оптоелектронних засобів обчислювальної техніки, в якій елементи відтворення інформації функційно інтегровані з логічною її частиною. Квантрон є активним елементом оптоелектронної однорідної мережі, який виконує обробку інформації за допомогою паралельного оптичного порівняння та часового зсуву, з чим пов'язані висока швидкодія, схемотехнічна та апаратурна мінімізація, високий захист від завад. У цьому випадку квантрон можна визначити як нейроподібний елемент-нейрон, для якого справедливі такі аксіоми.

1. Кожний нейрон має *n* входів і тільки один вихід.
2. Вихідний сигнал кожного нейрона може бути знайдений за вхідним сигналом.
3. Синапси нейронів можуть бути збуджувальними або гальмівними.
4. Час проходження часової інформації від одного нейрона до іншого жорстко фіксований.

Нейромережі можна розглядати як глобально зв'язану мережу примітивних процесорів-нейронів. Кожний нейрон (рис. 1) обчислює певну суму сигналів, які надійшли до нього синапсами, та виконує над нею нелінійне перетворення. Під час пересилання за синапсами сигнали перемножуються на деякий ваговий коефіцієнт.

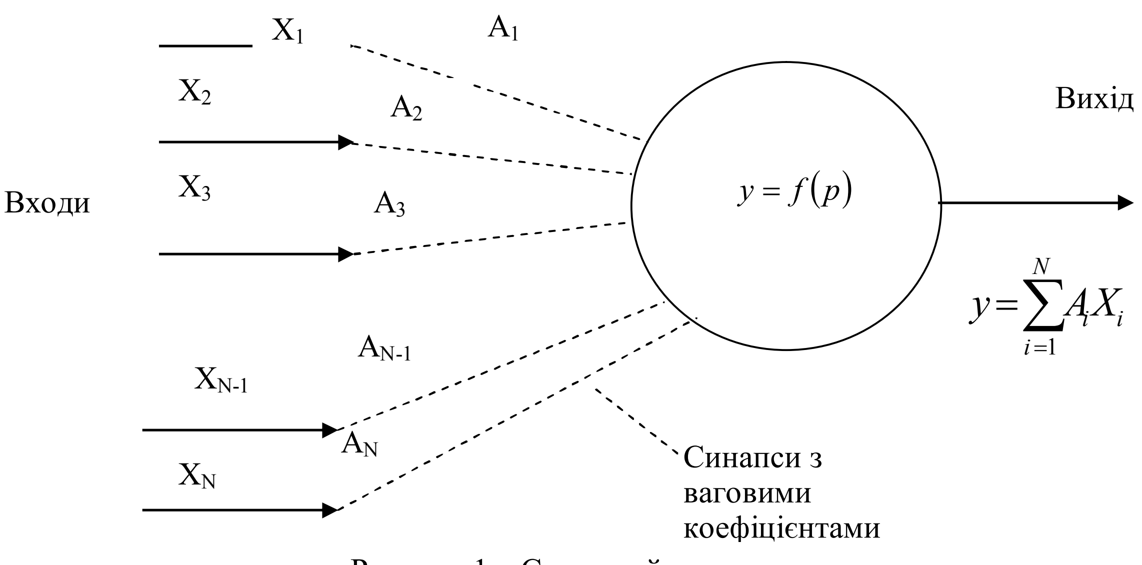


Рисунок 1 – Схема нейроквантрону

Оскільки ми маємо справу з квантронною схемотехнікою, то очевидно, що найлогічніше застосовувати для синтезу і математичного моделювання нейромережі апарат логіко-часових функцій.

Стосовно моделі нейрона, яку ми розглядаємо (рис. 1), вихідний сигнал оцінюється як

$$y=\sum_{i=1}^{N}A_iX_i\ , \tag{4}$$

де A_i – деякий ваговий коефіцієнт, що може змінювати значимість під час пересилання інформації за синапсами і налаштовувати.

Якщо припустити, що по синапсам проходить сигнал, що модулюється за довжиною імпульсу (за часом), тобто логіко-часова функція, тоді вираз (4) матиме такий вигляд, як у відомому способі паралельної обробки інформації [7]:

$$y=\sum_{i=1}^{N}T_iX_i\ , \tag{5}$$

де T_i – час або тривалість імпульсу в кожному i-му синапсі.

В моделі нейронної системи для обробки інформації часові функції $x_1, x_2, ..., x_{N-1}, x_N$ в початковий момент часу порівнюються між собою за довжиною у вхідному нейроні – часовому кон'юнкторі, що виконує операцію порівняння [8]

$$x_i(t)-x_j(t)=\max\left(\overline{x_i},\overline{x_j}\right)_{\tau_{xi,xj}}\wedge\max\left(x_i(t),x_j(t)\right). \tag{6}$$

Потім ця ж операція виконується у кожному нейроні, що здійснює операцію часового віднімання. В кожному нейроні-затримувачі виконується операція затримки часового сигналу. Вихідний нейрон реалізує функцію запам'ятовування та зсуву часової інформації, що надходить із вхідного нейрона.

Сумарна дія часової інформації G_l на нейрон H_i складається з головної та допоміжних (як випливає з [8]). Тривалість сумарної дії G_l є визначальною для допоміжних дій:

$$\sum_{i=1}^{N}x_i, \sum_{i=1}^{N}p_i,\quad \sum_{i=1}^{N}z_i,\quad ...,\quad \sum_{i=1}^{N}k_i\ . \tag{7}$$

В реальних нейронних структурах головна та допоміжні дії можуть мати різну фізичну природу, тому відносимо появу стану енергетичного нуля до однієї з допоміжних дій в нейронній системі, що складається з квантрон-автоматів.

Оскільки, виходячи зі сформульованих аксіом для стану енергетичного нуля, всі можливі логічні функції в стані енергетичного нуля рівні між собою, та враховуючи те, що енергетичний нуль не може бути використаний як сигнал керування, то можна використовувати його для виділення головних і допоміжних дій, причому в кожний наступний момент часу в процесі використання цього стану головні та допоміжні дії можуть змінювати одна одну, якщо це необхідно, наприклад, під час швидкого навчання чи перенавчання системи. Виділення головних і допоміжних дій проводиться за допомогою операції порівняння, а просування дії за нейронною системою – операцією зсуву.

Висновки

1. Для реалізації функції енергетичного нуля в синтезі КВ-автоматів необхідний перехід до нових принципів формалізації синтезу даних автоматів.

2. Запропоновано на розгляд аксіоми для стану енергетичного нуля, що принципово дозволяє в подальшому створити ефективнішу теорію синтезу, орієнтовану на реальне відтворення нейромережних структур [5].

3. Створення N-мірної логіки на КВ-автоматах дозволяє посилити формальний апарат синтезу систем штучного інтелекту [9].

4. Оптико-електронна схемотехніка на КВ-автоматах найадекватніша для реалізації проблем створення засобів технічного зору окопроцесорного типу [8].

5. Оптико-електронні КВ-автомати дозволяють створити плоскі і просторові операційні екрани для відеотерміналів з розширеними функціями [10].

6. На основі патентночисного способу паралельної обробки інформації [7] і представлених КВ-автоматів запропонована нова модель нейроквантрону.

7. Представлення числової інформації в логіко-часових обчислювальних середовищах (ЛЧС) з використанням принципу квантування часу є найбільш перспективним видом кодування інформації: інформаційним параметром виступає часовий квант, інваріантний до елементної бази, що принципово забезпечує максимально можливу швидкодію обчислювальних пристроїв. Для аналізу цих середовищ найбільш уживаним є апарат логіко-часових функцій (ЛЧФ), який оперує з величинами, що безперервно змінюються.

8. Розроблена модель оптимізації KVP-перетворення за параметром стиснення інформації. Логіко-часові функції дають максимальне стиснення інформації як при записі та обробці, так і при відображенні.

Література

1. Кожемяко В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительнме среды / Кожем'яко В.П. – Тбилиси : Мецниереба, 1984. – 60 с.
2. Нейрокомпьютеры и их применение // Тематический випуск «Зарубежная радиоэлектроника». – 1997. – № 2. – 80 с.
3. Горбатов В.А. Семантическая тсория проектирования автоматов / Горбатов В.А. – М. : Энергия, 1979. – 264 с.
4. Кожемяко В.П. Принцип предельного сжатия информации в оптоэлектронных логико-временных средах / В.П. Кожемяко, Т.В. Головань // Материалы всесоюзного семинара. – Тбилиси, 1985. – С. 121-125.
5. Свечников С.В. Квази-импульсно-потенциальные оптоэлектронные элементы и устройства логико-временного типа / Свечников С.В., Кожемяко В.П., Тимченко Л.И. – Киев : Наукова думка, 1987. – 256 с.
6. Некоторые вопросы проектирования КВ-автоматов / О.Г. Натрошвили, В.П. Кожемяко, Д.О. Саникидзе // Сообщ. АН ГССР. – 1985. – Т. 120, № 1. – С. 137-140.
7. А. с. № 1119035 СССР. Способ параллельного сложения длительностей группы временных интервалов / Кожем'яко В.П. и др. // Бюл. изобр. – 1984. – № 38.
8. Оптоэлектронная схемотехника: учеб. пособие / [Кожемяко В.П., Натрошвили О.Г., Мартынюк Т.Б., Имнашвили Л.И.]. – К. : УМК ВО, 1986. – 276 с.
9. Кожем'яко В.П. Проблема створення «зрячого» штучного інтелекту // Методологічні проблеми інженерної діяльності / Кожем'яко В.П. – Вінниця : Видавництво ВДТУ, 1994. – С. 7-14.
10. Натрошвили О.Г. Организация оптоэлектронных некогерентных процессоров / Натрошвили О.Г., Кожемяко В.П., Саникидзе Д.О. – Тбилиси : Ганатлеба, 1988. – 512 с.

В.П. Кожемяко, Л.А. Волонтырь, В.П. Думенко, А.А. Штельмах

Синтез нейронных систем на квантрон-автоматах

В статье исследуется проблематика сжатия информации и построение квантрон-автоматов с использованием понятия энергетического нуля. Приведены результаты разработки модели оптимизации KVP-преобразования по параметру сжатия информации. На основе запатентированного способа параллельной обработки информации и теории КВ-автоматов предложена новая модель нейроквантрона.

Стаття надійшла до редакції 01.07.2009.